

负载指数法在内蒙古各盟市 水资源承载力评价中的应用

晓 兰, 萨础日拉, 李轩然

(赤峰学院 资源与环境科学学院, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要:运用负载指数法对内蒙古各盟市水资源的开发前景进行了对比研究。结果表明:由于内蒙古自治区各盟市人口数量、降水量、水资源分布以及经济发展程度不同,导致其水资源开发利用程度也不一样,存在着明显的空间差异。但是整体来看,除了呼伦贝尔市,各个盟市的水资源开发利用程度都比较高、开发利用潜力比较低,开发条件很不乐观。因此,应该从社会、经济、环境整体系统出发,合理利用水资源,努力改善水环境。

关键词:内蒙古自治区;负载指数;水资源承载力

中图分类号:X37;TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2016)06-0025-06

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2016.06.007

On the Application of Load Index Method in Evaluation of Water Resources Carrying Capacity in Unions and Cities of Inner Mongolia

XIAO Lan, SA Churila, LI Xuan-ran

(College of Resources and Environmental Science, Chifeng University, Chifeng 024000, China)

Abstract: The authors of this paper have conducted a comparative study of the developmental prospects of water resources in the unions and cities of Inner Mongolia by using the load index method. The results show that the differences in the development and utilization of water resources in unions and cities of Inner Mongolia are due to the differences in population, rainfall, water resources distribution and t levels of economic development. On the whole, the water resources development and utilization are relatively high, the potential for the further development and utilization is limited, and the development conditions are not very good in Inner Mongolia, except Hulun Buir City. Therefore, it is imperative to make rational use of water resources and strive to improve the water environment due to the social, economic and environmental considerations.

Key Words: load index; Inner Mongolia; water resources carrying capacity

0 引言

我国最早开展水资源承载力研究是在 1985 年,即新疆水资源软科学课题组首次对新疆的水资源承载能力和开发战略对策进行的研究。此后我国不断有学者对水资源承载力加以研究,但是他们给出的水资源承载力的概念有所不同,其中具有代表性的如:新疆水资源软科学课题研究组提出的“水资源承

载能力是水资源可开发利用量,在满足维护生态环境用水要求后,所能支撑的工农业最大产值和人口数量”^[1]。范晓秋等人将水资源承载力定义为“某一区域在某一具体历史发展阶段,水资源最大供给量可供支持该区域资源、环境和社会可持续发展的能力。具体可表述为:某一区域在具体的发展阶段,考虑当前科技、文化、体制的影响,在当前的管理技术

基金项目:2014 年内蒙古自治区自然科学基金项目(2014BS0302);2015 年赤峰市社会科学科研课题(201510)

作者简介:晓兰(1984—),女,蒙古族,内蒙古通辽市库伦旗人,讲师,硕士,主要从事资源开发与环境治理研究。

条件下,水资源对生态系统和经济系统良性发展的支撑能力”^[2]。冯尚友则将其定义为“一定区域、一定物质生活条件下,水资源能持续供给当代和后代人需求的规模和能力”^[3]。王建华等人认为“区域水资源承载力就是指在将来不同的时间尺度上,以预期的经济技术发展水平为依据,在对生态环境不构成危害的条件下,某一区域内可利用水资源持续供养一个良性社会体系的能力”^[4]。惠泱河对水资源承载力的定义是“某一地区的水资源在某一具体历史发展阶段下,以可以预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性循环发展为条件,经过合理优化配置,对该地区社会经济发展的最大支撑能力”^[5]。可以看出,水资源承载力是一个动态的概念,至今还没有一个能普遍接受的定义。

水资源承载力分析关系到环境、社会、经济发展等各个方面,涉及面较广、内容较复杂,因此目前国内尚无形成统一的研究方法。而近几年来,水资源负载指数作为水资源基础状况分析和开发潜力评价的重要指标,被广泛应用在区域水资源开发、水资源可持续性评价、水资源承载力评价等研究中^[6-9]。用该方法进行研究的区域范围涉及皖中皖北地区、石羊河流域、关中地区、京津冀地区、辽河流域、呼包鄂城市群等^[10-12],但对内蒙古各个盟市水资源开发潜力的评价并未涉及。对内蒙古各个盟市水资源承载力进行对比研究,对于内蒙古自治区各盟市的社会、经济持续发展具有重要意义。因此,文章运用水资源负载指数法,以内蒙古各个盟市作为计算单元,利用 2008—2013 年的相关数据,对各盟市水资源承载力进行对比研究,旨在为内蒙古各个盟市水资源的合理利用提供参考依据。

1 研究区域概况

内蒙古自治区位于中国北方,处于东经 $97^{\circ}12' \sim 126^{\circ}04'$,北纬 $37^{\circ}24' \sim 53^{\circ}23'$ 之间(见图 1)。全区辖 9 个地级市和 3 个盟。西部有包头市、乌海市、鄂尔多斯市、阿拉善盟、巴彦淖尔市;中部有呼和浩特市、乌兰察布市、锡林郭勒盟;东部包括赤峰市、通辽市、呼伦贝尔市、兴安盟(见图 2)。全区属温带大陆性季风气候,全年降水量在 $100 \sim 500 \text{ mm}$ 之间,降水主要集中在夏季,降水量由东向西递减。水资源

在时空分布上很不均匀,与人口和耕地的分布不相适应。内蒙古大部分地区人均水资源占有量仅为 629 m^3 ,不足世界水平的 $1/12$,低于联合国提出的人均 $1\,000 \text{ m}^3$ 的水资源安全红线^[13-14],属于水资源短缺地区。

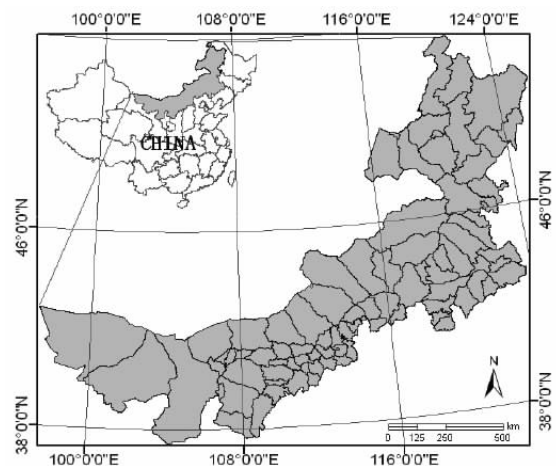


图 1 内蒙古自治区地理位置图



图 2 内蒙古自治区行政区划分布图

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

水资源负载指数是表达一定区域内水资源与经济发展和人口间关系的指标,反映区域水资源利用程度及开发利用潜力,通常应用于开发利用潜力的评价和水资源基础状况的分析中。水资源负载指数的定义是:“反映区域单位水资源负载的地区人口经济规模的一个可以横向对比的无量纲值。”^[15]

水资源负载指数的计算公式^[6]为:

$$C = K \sqrt{P \cdot G} / W. \quad (1)$$

式中, C ——水资源负载指数; P ——人口数量

(万人); G ——GDP,国内生产总值(亿元); W ——水资源量(亿 m^3); K ——与降水有关的系数。

$$K = \begin{cases} 1.0, & R \leq 200 \\ 1.0 - 0.1(R - 200)/200, & 200 < R \leq 400 \\ 0.9 - 0.2(R - 400)/400, & 400 < R \leq 800 \\ 0.7 - 0.2(R - 800)/800, & 800 < R \leq 1\ 600 \\ 0.5, & R > 1\ 600 \end{cases} \quad (2)$$

式中, R 为降雨量,单位为 mm。

根据水资源负载指数的大小,可将区域水资源开发利用潜力划分成五个等级,结果如表 1 所示。

表 1 水资源负载指数分级评价标准^[15-16]

级别	C 值	水资源开发利用程度及开发利用潜力	今后水资源进一步开发评价
I	>10	很高,潜力很小	开发艰难、有条件时需要从外流域调水
II	5~10	高,潜力小	开发困难
III	2~5	中等,潜力较大	开发条件中等
IV	1~2	较低,潜力大	开发较容易
V	<1	低,潜力很大	兴修中小工程,开发容易
VI	0	未开发区	开发很容易

2.2 数据来源

主要数据来源于《内蒙古自治区统计公报(2009—2014)》《内蒙古自治区统计年鉴(2009—2014)》《内蒙古自治区水资源公报(2009—2014)》《中国统计年鉴(2009—2014)》等。

3 结果与分析

3.1 评价结果

根据上述研究办法,得出内蒙古自治区各主要盟市水资源负载指数,计算结果见表 2 及图 3—8。从图 3—8 可以看出,2008—2013 年内蒙古自治区中西部地区水资源负载指数属于 I, II, III 级水平,水资源开发利用程度很高,未来开发潜力都较小,需“开源节流”来缓解地区水资源供需矛盾。这个结论与付桂军等人的研究结果很接近:中西部盟(市)水资源开发利用量已占全区总量的 59.7%,开发利用率高达 90% 以上,水资源开发潜力已达到饱和^[12]。而东部地区除了呼伦贝尔市,其他几个盟市如通辽市、赤峰市、兴安盟,水资源负载指数属于 II, III 级水平,水资源开发利用程度高,水资源开发潜力较小。

表 2 2008—2013 年内蒙古各盟市水资源负载指数

负载指数	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
乌海市	69.3	473.8	556.3	647.0	550.9	710.3
巴彦淖尔市	0.2	89.0	76.5	96.3	2.5	90.2
呼和浩特市	19.1	22.7	11.0	82.8	23.4	30.7
包头市	45.2	42.2	46.5	15.1	5.7	24.7
乌兰察布市	26.0	44.5	0.3	3.7	15.9	34.5
阿拉善盟	8.2	24.9	27.3	32.0	4.7	6.8
赤峰市	8.0	8.8	10.2	13.9	22.5	23.6
鄂尔多斯市	17.6	14.0	25.9	11.1	22.1	4.3
通辽市	9.8	7.3	15.0	3.1	3.8	19.2
锡林郭勒盟	1.1	2.3	4.1	1.7	2.4	3.3
兴安盟	2.9	5.5	2.5	5.4	1.0	1.4
呼伦贝尔市	1.5	1.6	1.0	1.2	1.3	0.5



图 3 2008 年内蒙古各盟市水资源负载指数等级对比



图 4 2009 年内蒙古各盟市水资源负载指数等级对比



图 5 2010 年内蒙古各盟市水资源负载指数等级对比

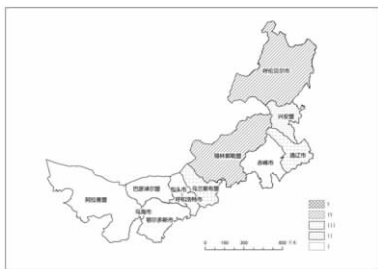


图 6 2011 年内蒙古各盟市水资源
负载指数等级对比

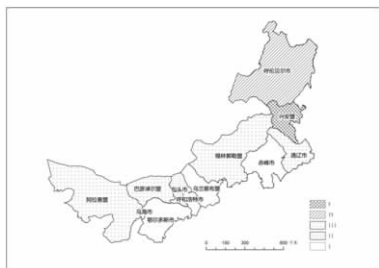


图 7 2012 年内蒙古各盟市水资源
负载指数等级对比



图 8 2013 年内蒙古各盟市水资源
负载指数等级对比

3.2 各盟市水资源负载指数变化分析

3.2.1 乌海市水资源负载指数变化分析

各盟市中,历年水资源负载指数平均值最高的地区是乌海市,达到 501.30,历年 C 值一直大于 10,且最高年份 2011 年 C 值达到 647,最低年份 2008 年 C 值仍为 69.3,说明乌海市的水资源开发潜力相当小。这主要是因为乌海市的降水量少,历年水资源量只占全区的 0.06%,水资源有限。同时, C 值呈现波动上升趋势,表明乌海市的水资源利用程度在不断地加剧。乌海市水资源的合理开发与利用的形势十分紧迫。

3.2.2 巴彦淖尔市水资源负载指数变化分析

巴彦淖尔市的水资源负载指数平均值处于全区第二,达到 59.1。虽然 2008 年,巴彦淖尔市的 C 值小于 1,处于 V 等级,2012 年处于 III 级,但是其他年份的 C 值都非常高,最高年份 2011 年达到了 96.3,仅低于同期乌海市的 C 值。从历年水资源负载指数的离差系数(C_v 值)^①来看,巴彦淖尔市的水资源负载指数变动幅度很大。这说明巴彦淖尔市的水资源开发利用程度受到了经济、社会、自然等条件的共同影响。

3.2.3 呼和浩特市水资源负载指数变化分析

2008—2013 年呼和浩特市负载指数均大于 10,2011 年 C 值最高,达到 82.8,一直处于 I 级水平,属于水资源开发利用条件艰难、水资源利用程度很高、水资源开发潜力不大、有条件时需要从外流域调水的地区。历年呼和浩特市负载指数呈现波动变化,其 C_v 值等于 0.75,水资源负载指数变动幅度很大,这表明该地区水资源开发利用条件很不稳定。

3.2.4 包头市水资源负载指数变化分析

除了 2012 年,其余年份包头市的 C 值一直大于 10,处于 I 级水平,属于水资源利用程度很高,但开发利用条件艰难、开发潜力不大的地区。包头市的 C 值与呼和浩特市的 C 值相比存在着明显差异。2008—2010 年期间,包头市的 C 值一直大于呼和浩特市的 C 值,也就是说包头市的水资源开发利用程度一直高于呼和浩特市的开发利用程度。但是从 2011 年开始,包头市的 C 值开始下降,2012 年其值变为 5.7,下降了一个等级,开发利用程度有所降低。到 2013 年,包头市的 C 值依然低于呼和浩特,表明包头市的水资源开发利用程度与呼和浩特市相比有所缓解。

3.2.5 乌兰察布市水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,乌兰察布市历年水资源负载指数平均值为 20.8。2010 年 C 值最低,小于 1,说明当年水资源利用程度低,开发潜力很大,易于开发。2011 年 C 值为 3.7,介于 2~5 之间,属于 III 等级,说明当年水资源开发利用程度和开发条件中等、开发利用潜力较大。其他年份 C 值都大于 10,说明这些

① 离差系数是指一组数据的标准差与其相应的均值之比,是测度数据离散程度的相对指标,其作用主要是用于比较不同组别数据的离散程度。水资源负载指数离差系数(即 C_v 值)表示各年份中水资源负载指数的相对变动程度。

年份水资源开发利用程度很高。因此,从时间上乌兰察布市 C 值的变化大致可以分为三个阶段:2008—2009 年为增长时期;2009—2010 年为减少时期;2010—2013 年为增长时期。该地区水资源负载指数的 C_v 等于 0.76,水资源负载指数的变动幅度比较大,这说明乌兰察布市的水资源利用程度变动很高,不稳定。

3.2.6 阿拉善盟的水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,阿拉善盟的水资源负载指数变化可以分为两个阶段:2008—2011 年为增长时期;2011—2013 年为波动下降时期。 C 值历年平均值为 17.3,其变化情况是:从 2008 年的 8.2 增加到 2011 年的 32.0,而 2012 年则减少到 4.7。从水资源开发利用程度来分析,阿拉善盟的水资源开发利用程度从 2008 年开始逐渐加大,到 2011 年达到最高,2012 年又开始下降,水资源开发潜力有所增加。总体上,阿拉善盟的水资源开发利用条件依然艰难、水资源利用程度很高,属于水资源开发潜力低的地区。

3.2.7 赤峰市水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,赤峰市的水资源负载指数呈现明显增加的趋势, C 值从 2008 年的 8.0 增长到 2013 年的 23.6, C 值从 II 级恶化为 I 级,而且历年水资源负载指数平均值达到 14.5,属于水资源开发利用条件艰难、水资源利用程度很高、水资源开发潜力低的地区。而其 C_v 值为 0.44,说明赤峰市的水资源负载指数的变动幅度不算太大。

3.2.8 鄂尔多斯市水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,鄂尔多斯的水资源负载指数波动变化,历年 C 值均值达到 15.8。除 2013 年外, C 值一直大于 10,处于 I 级,总体上属于水资源开发利用条件很难、水资源利用程度很高、水资源开发潜力低的地区。

3.2.9 通辽市水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,通辽市的水资源负载指数波动变化,历年 C 值平均值达到 9.7。通辽市的水资源开发利用程度经历了“II→I→III→I”的过程,可以看出 C 值一直在前三个等级之间徘徊。这表明,通辽市的水资源开发利用程度很高,开发利用潜力小,开发相对困难。通辽市水资源负载指数的 C_v 值为 0.6,与赤峰市相比其 C 值的变动程度相对较大。

3.2.10 锡林郭勒盟水资源负载指数变化分析

2008—2013 年,锡林郭勒盟水资源负载指数波动变化,历年水资源负载指数平均值达到 9.7。水资源开发利用程度经历了“IV→III→IV→III”过程,在第三、第四等级之间徘徊。历年水资源负载指数的 C_v 值为 0.4,变化幅度不大。这表明,锡林郭勒盟历年水资源开发利用程度处于中等或者较低水平,开发利用潜力较大,开发条件中等或较容易开发。

3.2.11 兴安盟水资源负载指数变化分析

各盟市中,兴安盟的水资源开发利用程度较低,2008—2013 年历年水资源负载指数的平均值为 3.1,其水资源开发利用程度经历了“III→II→III→II→IV”过程,水资源开发利用程度从中等转为较低。这表明,兴安盟的水资源开发利用程度降低,开发潜力增大,开发比较容易。

3.2.12 呼伦贝尔市水资源负载指数变化分析

各盟市中,水资源开发利用程度最低的是呼伦贝尔市,2008—2013 年历年水资源负载指数的平均值为 1.2。呼伦贝尔市水资源的开发利用潜力很大,开发很容易,这主要是因为呼伦贝尔市有相对丰富的水资源。

4 结论与建议

4.1 结论

(1)2008—2013 年,内蒙古中西部地区水资源开发利用程度很高,未来开发潜力都较小,东部地区除了呼伦贝尔市,其他几个盟市如通辽市、赤峰市、兴安盟,水资源开发利用程度很高,水资源开发潜力也很小。由此可以看出,由于内蒙古自治区各盟市水资源分布以及经济发展程度不同,导致其水资源开发利用程度不同。水资源开发利用强度存在着空间差异。

(2)一般情况下,经济越发达的地区,其水资源利用程度就越高。呼和浩特、包头、鄂尔多斯市是全区最发达的三个地区^[17]。2013 年,呼和浩特市 GDP 为 2 705.39 亿元,包头市的 GDP 为 3 424.75 亿元,鄂尔多斯市的 GDP 为 3 955.9 亿元。而且这三个地区的工业较为发达,2013 年工业用水量分别占到全区工业用水量的 8.54%,12.39%,10.95%。因此,这三个地区的水资源开发利用程度都很高、水资源开发潜力很低。呼和浩特市作为内蒙古自治区的首府,其历年水资源负载指数均大于 10, C 值一直处于 I 级水平,属于水资源利用程度很高、水资源

开发潜力不大的地区。其水资源负载指数变动幅度很高,表明呼和浩特市水资源开发利用条件很不稳定。

(3)乌海市的历年水资源负载指数也一直处于Ⅰ级水平。虽然乌海市的经济水平较低,但是其水资源量非常少,仅占到全区的 0.06%。西部地区的乌兰察布市、巴彦淖尔市、阿拉善盟的经济水平也较低,2013 年 GDP 分别是 833.79 亿元、834.9 亿元、443.51 亿元,2013 年水资源量分别占到全区的 0.92%,0.43%,0.29%。因此,这些地区水资源稀少直接导致其水资源开发利用程度高。

(4)东部地区的通辽市和赤峰市,其水资源量和经济发展程度是影响这两个地区水资源开发利用程度较大的两个因素。2013 年通辽市和赤峰市的 GDP 分别达到了 1 781.8 亿元和 1 686.15 亿元,是东部地区较发达地区,2013 年水资源量分别占到全区的 3.41%,3.66%。因此,在两因素共同的影响之下,这两个地区的水资源开发利用程度相对较高,其开发潜力不大。

4.2 建议

由于自身产水量较少,内蒙古自治区的用水主要依靠的是国家分配的黄河过境水,随着经济的快速发展,流域内工业发展迅猛,对水资源的需求逐渐增大,供需矛盾更为突出。因此今后应该从社会、经济、环境整体系统出发,合理利用水资源,努力改善水环境。(1)节约用水,努力建设节水型社会。(2)努力开发非传统水资源(即雨水、微咸水、洪水等)。(3)修建水坝、水库等调水设备,增加水资源的储存量。(4)防止水污染,提高水环境质量,并加大水污染治理工作。(5)强化管理,实行最严格的水资源管理制度。

参考文献:

- [1] 新疆水资源软科学课题组. 新疆水资源及其承载力的开发战略对策[J]. 水利水电技术, 1989(6): 2-9.
- [2] 范晓秋,姜翠玲,陈星,等. 水资源可持续发展与利用评价模型——水资源生态足迹研究[G]//2005 中国可持续发展论坛——中国可持续发展研究会 2005 年学术年会论文集(上册). 上海: 同济大学出版社, 2005: 588-593.
- [3] 冯尚友,刘国全. 水资源持续利用框架[J]. 水科学进展, 1997(12): 54-57.
- [4] 王建华,江东,顾定法,等. 水资源承载力的概念与理论[J]. 甘肃科学学报, 1999, 11(2): 1-4.
- [5] 惠洪河,蒋晓辉,黄强,等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2000, 21(1): 30-34.
- [6] 蒋定生,范兴科,徐学选,等. 略论延安市降水资源的潜力与高效利用模式[J]. 水土保持研究, 2000, 79(2): 58-69.
- [7] 史鉴,陈兆丰,刑大韦,等. 关中地区水资源合理开发利用与生态环境保护[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002.
- [8] 夏建国. 四川农业水资源评价及优化配置研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
- [9] 程乖梅,何士华. 区域水资源可持续利用评价[J]. 水文, 2006, 26(5): 20-24.
- [10] 张薇,韩宇舟. 负载指数法在辽河流域水资源承载力评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2010(11): 28-29.
- [11] 封志明,刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 689-699.
- [12] 付桂军,齐义军,曹相东. 基于负载指数法的呼包鄂城市群水资源承载力评价研究[J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版, 2015, 44(1): 99-103.
- [13] 刘洪滨. 青岛市海水利用产业发展现状及展望[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 34-40.
- [14] 杨艳昭,张伟科,刘登伟. 内蒙古水土资源平衡及其水资源承载能力[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3): 436-441.
- [15] 张丹,封志明,刘登伟. 基于负载指数的中国水资源三级流域分区开发潜力评价[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1471-1477.
- [16] 王美霞,任志远,王永明,等. 基于 GIS 的关中一天水经济区水资源承载力评价[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6): 222-227.
- [17] 曹珊珊,刘欣. 内蒙古自治区水资源承载力评价研究[J]. 资源开发与市场, 2014, 30(3): 311-313.

(责任编辑:李秀荣)